

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-43879

(P 2 0 0 2 - 4 3 8 7 9 A)

(43) 公開日 平成14年2月8日 (2002. 2. 8)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード (参考)
H03H 3/02		H03H 3/02	B 5J108
H01L 41/22		H01L 41/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全8頁)

(21) 出願番号 特願2001-145259 (P 2001-145259)

(22) 出願日 平成13年5月15日 (2001. 5. 15)

(31) 優先権主張番号 09/571919

(32) 優先日 平成12年5月16日 (2000. 5. 16)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 501194112
アギア システムズ ガーディアン コー
ポレーション
Agere Systems Guard
ian Corporation
アメリカ合衆国、33014フロリダ、マイア
ミレイク、77アベニュー、14645エヌダブ
リュ

(74) 代理人 100085213
弁理士 鳥居 洋

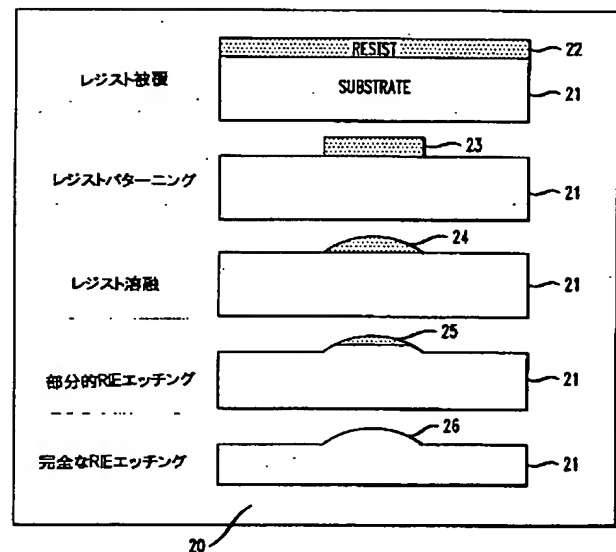
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜音響共振子の形成方法

(57) 【要約】

【課題】 電氣的、音響的性能の向上が図れる共振器の
所望の音響モードを形成する薄膜共振器の形成方法を提
供することである。

【解決手段】 高周波フィルタリング、周波数制御アプ
リケーションで用いられる薄膜共振器のバッチファブリ
ケーションにおいて、このプロセスは使用される。レン
ズアレイの製造に用いられる公知の方法から派生した方
法で、フォトリソグラフを利用し、この形状を得ること
が出来る。このプロセスによって、共振器内での音響波
の横方向の動きを制御し、音波の音響エネルギーを共振
器内の所望の位置に位置付けることが可能になる。この
形成法により、共振器縁部近くでの音響エネルギーの発
生が最小限に抑えられる。この縁部近くでは、エネルギ
ー漏れ、あるいは好ましくない波が所望のモードで発生
することがある。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加熱スケジュール、蒸気サイクルのいずれかによってマスク材料を構造物に形成する工程と、共振子を形成するために共振子から材料を除去する工程と、からなる高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 2】 上記除去工程は、共振子の一方の電極、下部層、変換材料のうち少なくとも 1 つから材料を除去することからなる請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 3】 変換材料は圧電材料、電歪材料、磁歪材料のいずれかであることを特徴とする請求項 2 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 4】 上記材料の除去は、共振子エッチング、または研磨のいずれかの方法で行われることを特徴とする請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 5】 共振子のエッチングは、共振子をドーム状にあるいは皿状にすることを特徴とする請求項 4 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 6】 共振子のエッチングは、共振子をドーム状あるいは階段状にすることを特徴とする請求項 4 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 7】 共振子のエッチングは、共振子を皿状あるいは階段状にすることを特徴とする請求項 4 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 8】 上記所定の加熱スケジュールは、材料を少なくとも第 1 の温度で加熱すること、及び少なくとも第 2 の温度で加熱することからなることを特徴とする請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 9】 上記第 1 の温度は 80℃、上記第 2 の温度は 150℃であることを特徴とする請求項 8 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 10】 上記加熱は、それぞれ 10 分間行われることを特徴とする請求項 8 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 11】 成形された共振子に加熱スケジュールによって材料をパターンニングする工程を繰り返す工程と、共振子をエッチングして、共振子の形状をドーム状、起伏を有する形状、階段状のいずれか少なくとも 1 つとする工程と、からなる請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 12】 共振子は、多角形、トラック形、円形、楕円形、環形のいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 13】 蒸気サイクルによってマスク材料構成物を共振子断面頂部に形成する工程を繰り返す工程と、共振子をエッチングし、マスク材料構成物上に形成する共振子の形状をドーム状、起伏を有する形状、階段状のうち少なくとも 1 つにする工程からなる請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 14】 共振子のモード形状は、共振子中央部

において最大の変位が見られることを特徴とする請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 15】 マスク材料がフォトリソグレイであって、蒸気サイクルは、材料を加熱されたレジスト溶液に曝露し、材料が流動し始める温度を下げる工程からなる請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 16】 レジスト溶液はプロピレングリコールメチルエチルアセテートであることを特徴とする請求項 15 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 17】 共振子の縁部はハッチ形状、扇状、のこぎり歯状、波状のいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 18】 エッチングは、反応性イオンエッチング、収束イオンビームエッチング、化学機械研磨、及び湿式化学法のいずれかであることを特徴とする請求項 4 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 19】 材料除去中のエッチングパラメータを変化させ、共振子からのマスク材料の除去速度を変化させることで、共振子がマスク材料とは異なる形状をもつようにする工程からなることを特徴とする請求項 18 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 20】 エッチングパラメータは、反応性イオンエッチング中に用いられる反応ガス、湿式化学エッチングが行われる化学物質、共振子を研磨するのに用いられる化学物質のいずれかであることを特徴とする請求項 19 に記載の高周波薄膜音響共振子の形成方法。

【請求項 21】 マスク材料を断面状に形成する工程と、マスク材料上の共振子をエッチングして共振子を形成する工程からなる共振モードを有する薄膜共振子のリソグラフ成形方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波（RF）電気フィルタ、周波数制御素子及び共振子を備える発振器に関するものであり、特に、共振子の電気性能及び音響性能の向上が可能な音響共振子の共振モードを好適に形成する薄膜共振子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】薄膜共振子（TFRs）とは、電気信号に反応し、例えば、0.5～5GHz 範囲のマイクロ波に対して高周波で共振可能な薄膜音響デバイスである。従来の薄膜共振子は、第 1 電極と第 2 電極の間に圧電膜を備えており、それら電極が圧電膜に電界を印加する。圧電膜は、酸化亜鉛、アルミニウム窒化物（AlN）等の圧電性結晶材料、又は圧電効果のある他の圧電性結晶材料で形成されている。圧電効果は、例えば第 1 電極と第 2 電極によって圧電材料全般に電界が印加され、それに反応して圧電材料が伸縮する時や、機械的応力や張力を圧電材料に加えることにより電荷や電流が生成される時に起こる。膜厚が均一である圧電膜の機械的共振周波

数は、膜厚 (t) の 2 倍で音響速度 (v) を除することにより求められる。即ち、 $f_r = v / 2t$ となる。高周波ソースの周波数と圧電膜の機械的共振周波数は整合するため、高周波ソースを用いて可変周波数の交流電界を圧電膜に印加すると、圧電膜の機械的振動は著しく大きくなる。機械的振動が大きいため、それによって圧電材料はこの共振周波数における最大電流量を生成する。圧電膜は、周波数の大きさによって生成する電流量が異なるので、電気フィルタ、発振器、周波数制御回路の素子として有用である。共振材料又は変換材料が、磁歪材料又は電歪材料 (例えば、 CoFeTaZr (コバルト鉄 タンタル ジルコニウム) 又は PMN (鉛 マグネシウム ニオブ酸塩)) である場合、高周波ソースは共振材料を圧電材料と同じく機械的に振動するため、機械的共振子を備える電気フィルタを形成することができる。

【0003】圧電材料の上面と下面の境界において、圧電材料内で励振する音響波を反射し、任意の周波数で共鳴振動 (共振等) が発生する。例えば、十分な材料 (例えば、その材料を通じた音の伝搬速度での波長の半分) で分離された 2 つの平らな界面で研磨し、材料中を前後に進む音波の変換が所望の期間で起こる。このような共振子は、バルク圧電性結晶を任意の大きさに研磨することで形成可能である。しかし、この方法で得られる最大周波数には実質的に限界があり、研磨によって、材料が容易に扱えないほど薄くなると、周波数もそれ以上高くすることはできない。

【0004】薄膜共振子は、圧電膜の薄膜化が可能のために、高周波で用いることができる。例えば、0.5 ~ 10 GHz の高周波帯域では、圧電膜の膜厚を 0.4 ~ 8 ミクロンにすることが可能である。このような高周波の印加を要する圧電共振子は、集積回路を製造するとき用いるような技術で形成することができる。薄膜共振子の構成としては、シリコン (Si)、ガリウム砒素 (GaAs) やその他の半導体基板上に形成し、アクティブ半導体装置と一体化するなど、一体構造とするのが好ましい。薄膜共振子が後述する音響反射層を備えている場合、音響反射層は基板上に形成され、その後第 2 電極を形成する。薄膜共振子が音響反射層を備えていない場合、化学気相蒸着法 (CVD) 又はスパッタ法を用いて、第 2 電極が基板上に形成される。それについては、Kern & Vossen, Thin Film Processes, Vols. I 及び II, Wiley & Sons を参照するとよい。そして、第 2 電極上に圧電膜を形成し、続いて、化学気相蒸着法 (CVD) 又はスパッタ法を用いて、圧電膜の上部に第 1 電極を形成する。

【0005】このような圧電フィルムをシリコンウエハ上に単に蒸着させただけでは、圧電材料とシリコン間の音響反射率が低いため、生成される音響の大部分がシリコンに漏洩し、失われてしまう。この場合、反射界面の

反射率を上げるために、シリコン基板の一部分をデバイスの方から除去し、膜タイプの薄膜共振子デバイスを作製する。一方、異なる材料間に存在する多数の界面で小さな反射を連続的に起こし、全ての反射を確実に集約するようにして、音響ミラーを製造してもよい。例えば、図 1 に示す共振子 10 では、アルミニウム窒化物 (AlN) からなる上部層 11 から二酸化シリコン (SiO_2) からなる第 1 層 12 へと音波が振動する際に、音波エネルギーは、その全てが第 1 層 11 を通過せずに、一部反射される。それは、各層の密度と音伝搬速度が異なるからである。また、二酸化シリコン層 12 とその下にあるアルミニウム窒化物層 13 間の界面にも、別の反射が起こる。それでも、音波が反射される度に、上部層 11 に存在する反射された音波は効率的に集約される。このように反射音波を効率的に確実に集約するには、任意の周波数において、各ミラー層の厚みが確実に音の $1/4$ 波長でなければならない。この方法で、音波エネルギーの半分以上が各界面で反射される場合、その音波が層 12 を通過すると、例えば、音波の 1000 分の 1 を除く全ての音波が反射されることになる。この反射されなかった部分が、共振子から失われた音波の量を表す。

【0006】2 GHz といった通常の高周波周波数で共振するには、アルミニウム窒化物の膜厚は 2.5 ミクロンで、電極は、50 オーム回路に最適に適合する 300 ミクロンほどである。従って、材料の横幅に対する厚みの比率は小さく、音エネルギーが横方向に効果的に制限されない。異なったタイプの音響波 (モードが異なる音響波) と共振子の縁部との間に有害な相互作用が生じ、共振子の縁部での大きなフィールドが共振子内で不要な振動を作り出す場合もある。これらの現象によって、所望の振動からエネルギーが失われ、共振子の質の低下の原因となる。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、リソグラフを用いて共振子を形成する方法であり、音響エネルギーの優位性を共振子内の任意の場所に提供するものである。例えば、共振子の中央部分を厚くするように構成すると、共振モード形状が変化し、共振子の中央部分での共振モードは大きくなる。モード形状は、共振定在波がある一瞬に見せるものであり、それは振動の反響振幅が大きい時や小さい時に起こる。共振子の中央部の厚みを厚くし、共振モードの形状を変えると、エネルギーの一部が共振子の縁部で不要な振動に変換されるのを軽減できる。この共振子リソグラフ形成方法は、一括製造 (バッチファブリケーション) 時に利用することができる (例えば、高周波で用いられる薄膜共振子の連続シリコン基板上に多層薄膜共振子が形成されるとき)。実施の形態の中には、フォトリソグラフを用いて形成したものもある。光感光性レジストを基板の除去しない領域に施すこ

とができる。レジスト自体は、いずれレジストが除去される時までは、そのレジストの真下にある基板を保護できる程度の速度で除去される。レジストの形状パターンを、除去される圧電材料の形状パターンへ変換するにあたり、材料除去すなわちエッチングを行ってもよい。

【0008】

【発明の実施の形態】以下の好ましい実施例の説明を参照することで、当該分野の技術者の本発明に対する理解はより深まるであろう。同一の構成要素には、複数の図面にわたって同一の参照符号が付されている。

【0009】図2は、この発明によるドーム型圧電共振子30の説明図である。図2における共振子30では、A1N31（圧電層）がドーム型になっており、SiO₂32、及びA1N33の層がドーム型A1N層31の下に位置して、音響ミラーとして作用する。低周波においては、石英結晶に機械的に研磨されたドームが形成されたものが機械的に製造され、フィルタ性及び周波数選択性の向上が図れる。図2の共振子30は高周波で作動するが、この作製工程は本質的に異なるものである。まず、薄膜がシリコン上に蒸着され（コンピュータチップを作製する際に用いられる方法に類似する）、全作製工程に渡って、フォトリソグラフ及びエッチングが用いられ、それによって共振子の中央に好適に音波を導くドーム型音響共振子30が得られる。

【0010】本発明の共振子では、音波が共振子に導入されると、その音波は中へ入り、反対側に跳ね返り、元の位置に戻ると考えられる。音波が同位相で共振子の中に入ると、その音波は、すでにある音波とともに効果的に集約されると考えられる。これが、共振振動（例えば共振）の簡略的な概念である。逆に、この音波が適切な位相で共振子に入らない場合、この音波は破壊的にあらゆる音波に干渉する。この発明では、音波が伝搬し、層の対向面に当たり、戻ってくるのに必要な時間は、共振及び破壊的干渉の決定に関連する。層が厚くなると、音波の伝搬及び戻りに要する時間も長くなる。薄い層であるほど、音波は速く伝搬し、反射する。

【0011】圧電材料の機械的共振周波数において、その電気的特性が有用な性質を示すため、圧電フィルタは電子フィルタとして利用される。このようなフィルタでは、エネルギーロスによる信号の劣化を軽減することが重要である。このようなデバイスにおけるエネルギーロスの一例として、共振子縁部での横方向の励起の発生（所望の共振モードからエネルギーを引き出す）が挙げられる。従って、圧電デバイスにおいて、モード形状を制御しその電気的性能を向上させることが重要である。

【0012】共振子の形成は、現在のマイクロレンズ作製プロセスで用いられるものと類似した技術によって可能である。例として、次の特許がマイクロレンズ及びマイクロレンズアレイの例を示している。例えば、米国特許5,079,130号(Derkits)は、フォトリソ

グラフと反応性イオンエッチングを用いた回折マイクロレンズ加工について開示している。米国特許5,286,338号(Feldblum)は、薄膜蒸着による回折マイクロ光学アレイの製造について開示している。米国特許5,011,254号(Edwards)はアプリケーションを結合する光ファイバーの縁部に直接マイクロレンズを形成する方法を開示している。また、米国特許5,412,506号(Feldblum)は、複数段階のエッチング加工による回折マイクロ光学アレイの作製について開示している。マイクロレンズは、コーニング社、日本板硝子株式会社、ユナイテッドテクノロジー社などによって実用化されている。

【0013】回折マイクロレンズ作製のリソグラフ法については、米国特許5,079,130号で開示されており、さらにその改良特許が米国特許5,286,338号である。円柱形レンズは、米国特許5,286,338号に開示されている方法で作製される。しかし、この場合は、レジストとして細長い長方形（円柱形ではなく）が用いられる。

【0014】回折マイクロレンズアレイは、理想的な回折光学断面を一連の平坦な階段形状により近づけることによって形成される。これが、階段効果をもたらす。段の数が多いほど、回折効果は増加する。8段の構造では、理論上最大95%の回折効果が得られ、16段では99%に達する。一連のリソグラフ露光及び反応性イオンエッチングによってこの構造が形成される。

【0015】図3は、この発明による共振子の作製工程20を表す図である。この工程では、まず、基板21をフォトリソ22で被覆し、フォトリソ22は、露光及び現像によりホッケーパック状の円柱部23になる。例えば、フォトリソはパターンニングによって円柱部23になり、加熱スケジュール（例えば、各10分ずつ80℃、150℃で加熱）によって、フォトリソ円柱部23は、溶解され、ドーム型の「ドロップ」24となる。次に、反応性イオンエッチング(RIE)を用いてレジストのレンズ形状を基板材料に写す。部分レジスト25はRIE完了前に得られる。レジストを完全に除去すると、基板の除去も始まる。

【0016】エッチング（例えば、反応性イオンエッチング、湿式化学法、又は収束イオンビームミリング(FIB)）によって、レジスト25及び基板材料21が所定の速度でエッチングされ（エッチング加工の部分で述べたとおり）、最終構造物26には、所望の形状のドーム、起伏、すなわち形状が残し、音波を共振子の中央に導くことができる。反応性イオンエッチングは、反応ガスを導入し、除去する面を化学的に攻撃してチャンバー内で材料を除去するものである。FIBでの除去プロセスは、イオンプラズマからの高エネルギーイオンで材料表面をボンバードすることで、その効果が増大する。これは、電荷イオン（一般的には、化学的不活性イオン）

を生成し、除去する材料に向けてこのイオンを加速させることで可能になる。湿式化学法では、一般的な化学物質を用い、湿式化学槽内で、溶解、反応によって基板から材料を除去する。例えば、アルミニウムその他多数の物質は、フッ化水素酸での化学的エッチングが可能である。化学機械研磨 (CMP) では、微細研磨スラリーと研磨パッドを用い、化学反応との組合せで基板から材料を除去する。材料とレジストの除去速度が、上記の材料除去プロセスのいずれにおいても等しい場合は、レジストに存在していた最初のパターンが、レジストの真下の材料にそのまま再生されることになる。しかし、レジストが、下にある材料の除去速度の半分の速度で除去されると、最初のパターンは、下の材料に移行したものとして除去されることになる。この場合、下の材料がレジストの 2 倍のエッチング速度でエッチングされるため、レジスト中の段あるいはドームの高さは 2 倍になる。材料除去プロセスの種類及びプロセスのパラメータを、除去工程中に変更し、レジストと下の材料とのエッチングの相対速度を変化させることが出来る。そうすることによって、初期のレジストの形状を最終的に所望の形状にすることが出来る。例えば、RIE で用いられる反応ガス種や、湿式エッチングの化学物質、CMP で用いられる化学物質の種類を変えるなどである。そうすることによって、エッチングの際の融通が効くようになり、最終形状の選択の範囲が広がる。

【0017】あるいは、フォトリソレジスト 22 を例えばプロピレングリコールエチルメチルアセテート (PGMEA) といった適切なレジスト溶液の蒸気に曝露し、レジストドロップを形成してもよい。ここでは、レジスト円柱部 23 を、空の加熱されたチャンバー内の加熱溶液の蒸気に曝露する。溶液の蒸気がレジスト円柱部 23 に吸収されると、材料が流動する温度が低下し、レジスト円柱部 23 は流動し、レジスト層 24 が形成される。蒸気を利用することで、より薄いレジスト層が可能となる。溶融方式による場合の数ミクロンの厚さと比較して、 $0.4\mu\text{m}$ 以上のレジスト厚が利用可能となる。よって、連続エッチング時間を実質的に短縮することが可能になる。

【0018】共振子は、(上から見て) 対称性が低い形状に形成してもよい。一般的に、円形共振子 (例として) は、横方向の進行音波の建設的干渉がより高レベルになるのに伴って、最も対称性の高い形状となる。一方、非放射状の共振子 (多角形のものなど) の建設的干渉のレベルは低い。従って、対称性の高い構造の共振子と低い共振子は、それぞれ大きい或いは小さい干渉を得るのに用いるべきである。

【0019】共振子内での横波が同位相で反射し、建設的に集約されるのが望ましい場合もある。しかし、そのような横波がランダムな位相で反射するのが望ましい場合もある (例えば、ハッチ形状、扇状、のこぎり歯状、

波状の縁部を有する共振子を構成することによって)。音波が不定な干渉を示す原因となる可能性があり、建設的干渉を軽減できるという利点をもつと考えられる。

【0020】この発明の別の実施例では、ドーム形状ではなく皿状の形状が望ましい場合もある。縁の部分の厚みが大きいくことによって共振子の縁部での著しい振動を伴うモードを生成することが可能になる。また、別の実施例では、複数のドームを 1 つの共振子に形成したり、複数の高低のある列を有する洗濯板状のものや、放射状パターン (例えば、規則的、あるいは不規則な周期と高さのターゲット) のものが好まれることもある。このような形状は、デバイスのあらゆる部分、基板、反射層、圧電共振子、金属電極等、に形成される。その結果、共振子内での音波の横方向の動きが制御可能となる。そして、共振子内の所望の箇所における音響エネルギーあるいは音波の抑揚が可能となり、振動子やフィルタ等の周波数選択デバイスとして用いた場合に、共振子の性能に好影響を与える。

【0021】図 2 の共振子に蓄積するエネルギーを箇所ごとに異なるようにするために、共振子の外形を変えることも可能である。その結果、伝搬され適切な時間に反射されることによって、ある周波数において、ドームの中央部に音波エネルギーが集中するようになり、エネルギーが効果的に集約される。しかし、ドームの厚さが小さい共振子の外縁部では、波長が $1/2$ ラムダより小さいため、理想的な周波数で最適に集約されたものよりエネルギーは小さくなる。その結果、共振子の縁部では最適なエネルギー総量より小さくなり、より大きなエネルギーが共振子の中央に集中する。以下の記述は、複雑な外形での共振現象について簡単に説明したもので、エネルギーはその構造と作動周波数によって、共振子のある部分に集中することを表すものである。

【0022】また、レジストを複数の層からなるものにし、複数のエッチングを行い、階段状の共振子を形成することが出来る。図 4 は、この発明による階段状の圧電共振子を示す図である。図 7 は、両面階段状圧電共振子の断面図である。図 4 に示す階段状の圧電共振子には、二酸化シリコン層及び音響ミラーとして作用する窒化アルミニウム層が含まれている。フォトリソグラフ法によって、多数の小さな階段形状を有するドーム形状に近づけることが可能になる。その際、下りの階段状の形を形成するほうが容易で、ドーム型圧電共振子と同様の効果を得ることが出来る。階段状の圧電子によって、複数の階段形状において従来のリソグラフを行うことが可能になる。階段形状の圧電共振子は、そのモードを複数のモードに分割し、所望のスペクトル特徴を共振子の電氣的応答に付加することが出来る。図 7 の両面階段形状共振子は、自在 (free standing) 膜として形成することも可能である。また、音響ミラーの最上層、共振子の第 2 電極を溝を有する構造にして、共振子とミラーの界面を

所望の位置まで下げることが可能である。

【0023】共振子を形成する上で、フォトリソグラフを用いるのは、さまざまな形状、例えば平面一凸面形状の共振子（図5参照）や、両面凸状共振子（図6参照）など、を得ることができるという点でも有利である。また、エッチング加工によって、共振子を形成し、様々な共振子の特徴を組合わせることも可能である（図8および9参照）。さらに、ミラー上に共振子を形成するのに加えて、自在（freestanding）膜共振子を形成し、それらを広域フィルタアプリケーションに用いるのが望ましい。

【0024】図10（a）から10（f）は、この発明のその他の実施例を示す平面図である。これらの対称性の低いものは、フォトリソグラフあるいはエッチングで形成され、ある特定のアプリケーション（例えば、音波の位置を共振子内で位置変えするなど）において有利な方法で音波を収束させることができる。従来の円形共振子では、横方向に動く音波を対称的に伝搬、反射させる。このような共振子では、ある周波数において、音波が同時に（同位相で）共振子の中間に到達する。一方、本発明のような対称性の低い形状の共振子では、音波が同位相で共振子の中間の位置で伝搬、反射することはなく、代わりに、音波は無秩序に（ランダムに）反射し、共振子の中央より離れた位置においても大きな増幅振動が起こる。その結果、音波の横方向伝搬の位置変えが有利に達成できる。

【0025】共振子の音波方向と共振子の非平行縁部との結合によって、共振子の作動周波数が変化すると、図10（a）から10（f）の実施例にあるモード形状も変化する。モード形状の変化によって、共振子のインピーダンスの変化に左右される所望の周波数を得られる。図10（a）から10（c）の多角形及び台形の実施例では、共振子の境界線の対称性に一致するモード形状が得られる。図10（d）の四辺形の実施例では、丸い形状の隅が原因となって起こる摂動（例えば、モード形状の振動）を伴って、共振子の縁に平行な列に位置する音波からなるモード形状を得られる。図10（b）の楕円形の実施例では、挟み合う楕円と双曲線とからなるモード形状を備える。図10（e）の環形の実施例では、シヌソイド角パターンで挟まれた円形放射状モード形状を備える。図10（f）のトラック形状の実施例では、ランダムな形になっている。

【図5】



【0026】図11（a）から11（c）の異なる縁部形状の共振子（例えば、ハッチ形状、扇形状、波形状など）を構成し、ランダムな位相で横方向の音波が共振子内で反射するようにすることが可能である。不規則に音波が干渉し、建設的干渉（例えば反射コヒーレンスの軽減）が軽減できるという利点がある。室壁を凹凸にして望ましくないコヒーレンス反射を軽減するアナログ的な方法で、反射コヒーレンスは軽減される。

【0027】この発明について好ましい実施例を参照して例示説明したが、この発明の範囲から逸脱しない範囲においてその形態及び詳細の変更が可能であるものとする。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術による音響ミラー上に形成された規則的な平面形状の共振子を示す図である。

【図2】本発明による音響ミラー上のドーム型圧電共振子を示す説明図である。

【図3】本発明によるドーム型圧電共振子を形成する加工工程を示す図である。

【図4】本発明による音響ミラー上の階段形状の圧電共振子を示す図である。

【図5】本発明による平面一凸型共振子の断面図である。

【図6】本発明による両面凸型共振子の断面図である。

【図7】本発明による両面階段形状の共振子の断面図である。

【図8】図6および図7の共振子の特徴を有する共振子の断面図である。

【図9】図5及び図7の共振子の特徴を有する共振子の断面図である。

【図10】本発明による様々な外形と対称性の共振子の平面図である。

【図11】本発明による様々な縁の形状を有する共振子の上面図である。

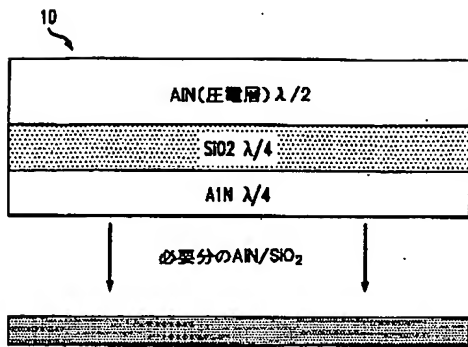
【符号の説明】

- 21 基板
- 22 フォトレジスト
- 23 円柱部
- 24 レジスト層
- 25 部分レジスト
- 26 最終構造物

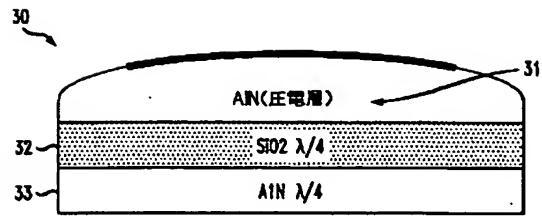
【図6】



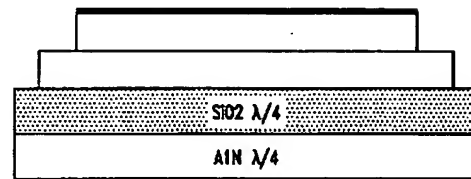
【図 1】



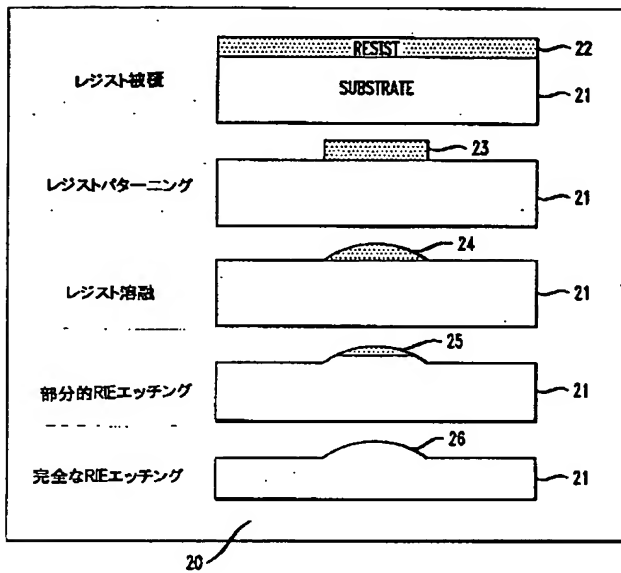
【図 2】



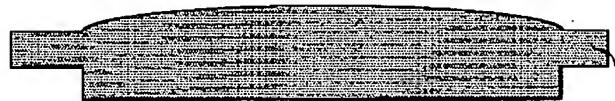
【図 4】



【図 3】



【図 9】



【図 7】



【図 8】



【図 10】

(a) 多角形



(b) だ円形



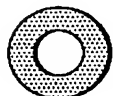
(c) 台形



(d) 角丸四角形



(e) 環形



(f) トラック形



【図 11】

(a) のこぎり形状



(b) ハッチ形状



(c) 波形状



(d) 扇形状



フロントページの続き

(71)出願人 501194112
14645N. W. 77th Avenue
Miami Lakes, Florida
33014 U. S. A

(72)発明者 ブラッドレー ポール バーバー
アメリカ合衆国、07928 ニュージャージ
ー、チャザム、ヘリテイジ ドライブ 21
ジー

(72)発明者 ピーター レデル ギャメル
アメリカ合衆国、07041 ニュージャージ
ー、ミルバーン、ウィッティンガム テラ
ス 58

(72)発明者 ハロルド エー ハギンス
アメリカ合衆国、07060 ニュージャージ
ー、ウォッチャン、マウンテン プラバー
ド 615

(72)発明者 ユーフェン ウォン
アメリカ合衆国、07901 サミット、ウッ
ドランドアベニュー 160

Fターム(参考) 5J108 MM08